



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2010-0125857
(43) 공개일자 2010년12월01일

(51) Int. Cl.

G01H 11/00 (2006.01) G01H 3/00 (2006.01)

(21) 출원번호 10-2009-0044787

(22) 출원일자 2009년05월22일

심사청구일자 2009년05월22일

(71) 출원인

고려대학교 산학협력단

서울 성북구 안암동5가 1

(72) 발명자

김지형

서울특별시 송파구 문정동 올림픽훼밀리 아파트
227-1001

손영규

서울특별시 은평구 불광3동 90-41

임명희

서울특별시 강남구 청담2동 대림아파트 102-901

(74) 대리인

특허법인남춘

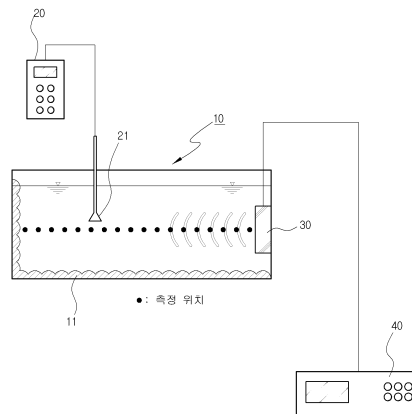
전체 청구항 수 : 총 7 항

(54) 초음파 에너지 분포 계측 장치 및 초음파 에너지 분포 계측 방법

(57) 요약

본 발명은 초음파를 이용한 수처리용 반응기에 적용 가능한 초음파 에너지 분포 계측 장치 및 초음파 에너지 분포 계측 방법에 관한 것이다. 본 발명에 따른 초음파 에너지 분포 계측 장치는 처리 대상물을 수용하는 초음파 반응조와; 상기 초음파 반응조의 일측 벽면에 설치되어 초음파를 출력하는 초음파 진동자 모듈과; 상기 초음파 진동자 모듈을 통해 출력되는 초음파의 주파수와 초음파 진동자 모듈에 인가되는 유입 파워를 제어하는 초음파 제어기와; 상기 초음파 반응조 내부에서 상기 초음파 진동자 모듈로부터 이격되는 방향으로 일정 거리 단위로 설정된 복수의 측정 위치에서 상기 초음파 진동자 모듈로부터 출력된 초음파를 측정하는 초음파 측정기를 포함하는 것을 특징으로 한다. 이에 따라, 대형의 초음파 반응조에서 초음파 에너지의 분포 측정과 이를 통해 최적의 주파수와 유입 파워 조건을 도출하여 초음파를 이용한 수처리용 반응기에 적용 가능하게 된다.

대표도 - 도1



이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 20080600100420000000000000

부처명 한국환경기술진흥원

연구관리전문기관

연구사업명 차세대핵심환경기술개발사업

연구과제명 초음파를 이용한 고도산화처리공정의 최적화 - 에너지 효율 및 분포를 고려한 초음파 반응기의 개발 및 적용

기여율

주관기관 고려대학교산학협력단

연구기간 2008년 04월 01 ~ 2009년 03월 31일

특허청구의 범위

청구항 1

초음파를 이용한 수처리용 반응기에 적용 가능한 초음파 에너지 분포 계측 장치에 있어서,

처리 대상물을 수용하는 초음파 반응조와;

상기 초음파 반응조의 일측 벽면에 설치되어 초음파를 출력하는 초음파 진동자 모듈과;

상기 초음파 진동자 모듈을 통해 출력되는 초음파의 주파수와 초음파 진동자 모듈에 인가되는 유입 파워를 제어하는 초음파 제어기와;

상기 초음파 반응조 내부에서 상기 초음파 진동자 모듈로부터 이격되는 방향으로 일정 거리 단위로 설정된 복수의 측정 위치에서 상기 초음파 진동자 모듈로부터 출력된 초음파를 측정하는 초음파 측정기를 포함하는 것을 특징으로 하는 초음파 에너지 분포 계측 장치.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 초음파 반응조의 내부 벽면 중 상기 초음파 진동자 모듈이 설치된 벽면 이외의 벽면에는 상기 초음파 진동자 모듈로부터 출력된 초음파의 반사를 저지하는 흡음부재가 부착되는 것을 특징으로 하는 초음파 에너지 분포 계측 장치.

청구항 3

제2항에 있어서,

상기 초음파 측정기는,

상기 각 측정 위치에 순차적으로 배치되는 프로브와;

상기 프로브의 표면에서 발생하는 초음파 캐비테이션에 의한 초음파 에너지를 측정하는 초음파 캐비테이션 미터를 포함하는 것을 특징으로 하는 초음파 에너지 분포 계측 장치.

청구항 4

제2항에 따른 초음파 에너지 분포 계측 장치를 이용한 초음파 에너지 분포 계측 방법에 있어서,

(a) 상기 초음파 진동자 모듈로부터 기 설정된 유입 파워로 상호 상이한 복수의 주파수 대역의 초음파가 순차적으로 출력되는 단계와;

(b) 상기 각 주파수 대역별로 초음파가 출력되는 상태에서 상기 초음파 측정기에 의해 상기 각 측정 위치에서 초음파를 측정하는 단계와;

(c) 상기 유입 파워의 크기를 가변시키며 상기 (a) 단계 및 상기 (b) 단계를 순차적으로 수행하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 초음파 에너지 분포 계측 방법.

청구항 5

제4항에 있어서,

상기 (a) 단계에서 상기 복수의 주파수 대역은 35KHz 및 72KHz를 포함하는 것을 특징으로 하는 초음파 에너지 분포 계측 방법.

청구항 6

제4항에 있어서,

상기 (c) 단계에서 상기 유입 파워는 80W, 160W 및 320W 중 적어도 어느 하나를 포함하는 것을 특징으로 하는 초음파 에너지 분포 계측 방법.

청구항 7

제4항 내지 제6항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 측정 위치는 상기 초음파 진동자 모듈로부터 이격되는 방향으로 상기 초음파 반응조 내부에 3차원적으로 설정되는 것을 특징으로 하는 초음파 에너지 분포 측정 방법.

명세서

발명의 상세한 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 초음파 에너지 분포 측정 장치 및 초음파 에너지 분포 측정 방법에 관한 것으로서, 보다 상세하게는 대형의 초음파 반응조에서 초음파 에너지의 분포 측정과 이를 통해 최적의 주파수와 유입 파워 조건을 도출하여 초음파를 이용한 수처리용 반응기에 적용 가능하게 하는 초음파 에너지 분포 측정 장치 및 초음파 에너지 분포 측정 방법에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 초음파를 액상에 출력하면 마이크로 단위 수준의 캐비테이션 버블 (Cavitation bubble)이 형성이 되고, 캐비테이션 버블이 의해 형성되는 공극이 정압, 부압을 받으면서 성장, 붕괴하게 된다.

[0003] 캐비테이션 버블 내부는 일반적으로 1,000 atm, 5,000 K 조건의 극한 조건을 형성하며, 화학적인 영향으로 기포 내부의 극한 조건에 의해 열분해 현상을 일으키거나 기포 내에서 생성된 라디칼(Radical)에 의해 오염물질을 분해시키는 효과를 발생시킨다.

[0004] 이와 같은 초음파의 특성은 폐수 등을 처리하는 수처리 장치나 공정에 적용되고 있으며, 그 예로 대한민국 공개특허공보 제2001-16310호에 초음파를 이용해 외부 반송슬러지나 내부 반송슬러지의 미생물을 파괴하여 질산성 질소와 인을 용출시키고 휘발성 유기물질을 제거함으로써 유입원수가 충분한 탄소원으로 사용될 수 있도록 하는 폐수처리 공정이 개시되어 있다.

[0005] 한편, 기존의 초음파 연구는 실험실 규모의 작은 반응조, 예를 들어 1L 이하의 작은 반응조를 대상으로 하여 오염물질의 반응속도 위주로 진행되었다. 하지만 소규모 연구 결과를 분석해 보면 동일한 오염물질을 대상으로 한 연구 결과들이 유사한 실험 조건임에도 불구하고 반응 속도 계수가 일치하지 않음을 확인할 수 있다.

[0006] 이러한 결과의 이유는 각 연구 그룹에서 사용한 반응조의 크기 및 성상이 달라 반응조 내부로 유입되는 초음파 에너지가 상이하기 때문이며, 대부분의 연구는 실제 유입되는 에너지가 아닌 공급된 에너지만을 고려하였다. 즉 반응조 내부에 실질적으로 공급되는 초음파 에너지가 아닌 초음파를 발생시키는 초음파 발생 장치에 출력으로 설정된 초음파 에너지 만을 고려하여 실제 반응조 내부에서 발생하는 초음파 에너지에 대한 고려가 반영되지 않았다.

[0007] 이는 초음파 진동자의 성상이나 위치, 반응조 내부의 위치에 따라 초음파 에너지의 분포가 달라지기 때문에 실제 반응조 내부의 상황을 고려하지 않은 연구는 보편성을 가질 수 없어 결과의 신뢰성을 떨어뜨리는 요인이 된다.

발명의 내용

해결 하고자하는 과제

[0008] 이에 본 발명은 상기와 같은 문제점을 해결하기 위해 안출된 것으로서, 대형의 초음파 반응조에서 초음파 에너지의 분포 측정과 이를 통해 최적의 주파수와 유입 파워 조건을 도출하여 초음파를 이용한 수처리용 반응기에 적용 가능하게 하는 초음파 에너지 분포 측정 장치 및 초음파 에너지 분포 측정 방법을 제공하는데 그 목적이 있다.

과제 해결수단

- [0009] 상기 목적은 본 발명에 따라, 초음파를 이용한 수처리용 반응기에 적용 가능한 초음파 에너지 분포 계측 장치에 있어서, 처리 대상물을 수용하는 초음파 반응조와; 상기 초음파 반응조의 일측 벽면에 설치되어 초음파를 출력하는 초음파 진동자 모듈과; 상기 초음파 진동자 모듈을 통해 출력되는 초음파의 주파수와 초음파 진동자 모듈에 인가되는 유입 파워를 제어하는 초음파 제어기와; 상기 초음파 반응조 내부에서 상기 초음파 진동자 모듈로부터 이격되는 방향으로 일정 거리 단위로 설정된 복수의 측정 위치에서 상기 초음파 진동자 모듈로부터 출력된 초음파를 측정하는 초음파 측정기를 포함하는 것을 특징으로 하는 초음파 에너지 분포 계측 장치에 의해서 달성된다.
- [0010] 여기서, 상기 초음파 반응조의 내부 벽면 중 상기 초음파 진동자 모듈이 설치된 벽면 이외의 벽면에는 상기 초음파 진동자 모듈로부터 출력된 초음파의 반사를 저지하는 흡음부재가 부착될 수 있다.
- [0011] 그리고, 상기 초음파 측정기는, 상기 각 측정 위치에 순차적으로 배치되는 프로브와; 상기 프로브의 표면에서 발생하는 초음파 캐비테이션에 의한 초음파 에너지를 측정하는 초음파 캐비테이션 미터를 포함할 수 있다.
- [0012] 한편, 상기 목적은 본 발명의 다른 실시 형태에 따라, 상기의 초음파 에너지 분포 계측 장치를 이용한 초음파 에너지 분포 계측 방법에 있어서, (a) 상기 초음파 진동자 모듈로부터 기 설정된 유입 파워로 상호 상이한 복수의 주파수 대역의 초음파가 순차적으로 출력되는 단계와; (b) 상기 각 주파수 대역별로 초음파가 출력되는 상태에서 상기 초음파 측정기에 의해 상기 각 측정 위치에서 초음파를 측정하는 단계와; (c) 상기 유입 파워의 크기를 가변시키며 상기 (a) 단계 및 상기 (b) 단계를 순차적으로 수행하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 초음파 에너지 분포 계측 방법에 의해서도 달성될 수 있다.
- [0013] 여기서, 상기 (a) 단계에서 상기 복수의 주파수 대역은 35KHz 및 72KHz를 포함할 수 있다.
- [0014] 그리고, 상기 (c) 단계에서 상기 유입 파워는 80W, 160W 및 320W 중 적어도 어느 하나를 포함할 수 있다.
- [0015] 또한, 상기 측정 위치는 상기 초음파 진동자 모듈로부터 이격되는 방향으로 상기 초음파 반응조 내부에 3차원적으로 설정될 수 있다.

효과

- [0016] 본 발명에 따르면, 대형의 초음파 반응조에서 초음파 에너지의 분포 측정과 이를 통해 최적의 주파수와 유입 파워 조건을 도출하여 초음파를 이용한 수처리용 반응기에 적용 가능하게 하는 초음파 에너지 분포 계측 장치 및 초음파 에너지 분포 계측 방법이 제공된다.
- [0017] 그리고, 본 발명을 통해 도출된 초음파 주파수와 유입 파워에 따른 초음파 반응기 내부에서의 초음파 에너지 분포를 활용하여, 다양한 환경 분야, 예컨대, 수처리, 슬러지 감량화, 토양 세척 등에 적용되는 초음파 반응기의 설계에 적극적으로 활용 가능하게 된다.
- [0018] 또한, 기존의 초음파 연구의 경우 실질적으로 초음파 반응조에 유입되는 초음파 에너지를 고려하지 않고 초음파 진동자 모듈에 공급되는 파워만을 고려한 상태에서 오염물질의 분해 속도 등을 평가하였으나, 본 발명을 통해 실제 유입되는 에너지와 오염물의 분해 속도를 연관시켜 일반화하는 것이 가능하게 된다.

발명의 실시를 위한 구체적인 내용

- [0019] 이하에서는 첨부된 도면들을 참조하여 본 발명에 따른 실시예에 대해 상세히 설명한다.
- [0020] 본 발명에 따른 초음파 에너지 분포 계측 장치는, 도 1 및 도 2에 도시된 바와 같이, 초음파 반응조(10), 초음파 진동자 모듈(30), 초음파 제어기(40) 및 초음파 측정기(20,21)를 포함한다.
- [0021] 초음파 반응조(10)는 처리 대상물이 수용되는 상향 개방된 욕조 형태를 가지며, 본 발명에서는 도 1 및 도 2에 도시된 바와 같이, 상향 개방된 직육면체 형태를 갖는 것을 예로 한다.
- [0022] 여기서, 본 발명에 따른 초음파 반응조(10)는 실제 초음파 반응기의 적용이 가능하도록 기존의 소형이 아닌 대형의 초음파 반응조(10)가 적용되며, 가로 1. 20m, 세로 0.60m, 높이 0.40m로 된 250 L의 초음파 반응조(10)가

적용되는 것을 예로 한다. 그리고, 초음파 반응조(10)에 수용되는 처리 대상물은 상수도 또는 하수도와 같은 액상인 것을 예로 한다.

[0023] 또한, 본 발명에 따른 초음파 에너지 분포 계측 장치는, 도 1 및 도 2에 도시된 바와 같이, 초음파 반응조(10)의 내부 벽면 중 초음파 진동자 모듈(30)이 설치된 벽면 이외의 벽면, 즉 초음파 반응조(10)의 바닥면, 그리고 내부 측면 중 초음파 진동자 모듈(30)이 설치되지 않은 3개의 측면에 설치되는 흡음부재(11)를 포함할 수 있다. 여기서, 흡음부재(11)는 초음파 진동자 모듈(30)로부터 출력되는 초음파가 초음파 반응조(10)의 벽면으로부터 반사되는 것을 차단하며, 폴리우레탄 재질과 같이 흡음 작용이 가능한 재질로 마련되고, 도 1 및 도 2에 도시된 바와 같이 흡음을 위한 표면 형상을 갖는 것이 바람직하다.

[0024] 초음파 진동자 모듈(30)은 초음파 반응조(10)의 일측 벽면에 설치되어 초음파를 출력한다. 여기서, 초음파 진동자 모듈(30)은 초음파 제어기(40)의 제어 따라 진동하여 초음파를 출력하며, 초음파 진동자 모듈(30)의 구성은 기 공지된 다양한 형태로 마련될 수 있는 바, 그 상세한 설명은 본 명세서에서 생략한다.

[0025] 초음파 제어기(40)는 초음파 진동자 모듈(30)을 통해 출력되는 초음파의 주파수와 초음파 진동자 모듈(30)로 인가되는 유입 파워를 제어한다.

[0026] 그리고, 초음파 측정기(20,21)는 초음파 반응조(10) 내부에서 초음파 진동자 모듈(30)로부터 출력되는 초음파를 측정한다. 여기서, 본 발명에 따른 초음파 측정기(20,21)는 초음파 반응조(10) 내부에서 초음파 진동자 모듈(30)로부터 이격되는 방향으로 일정 거리 단위로 설정되는 복수의 측정 위치에서 초음파 진동자 모듈(30)로부터 출력되는 초음파를 측정함으로써, 초음파 진동자 모듈(30)로부터 출력된 초음파의 초음파 반응조(10) 내부에서의 분포를 계측하게 된다.

[0027] 여기서, 초음파 측정기(20,21)는, 도 1에 도시된 바와 같이, 각 측정 위치에 순차적으로 배치되는 프로브(21)와, 프로브(21)의 표면에서 발생하는 초음파 캐비테이션(Cavitation)에 의한 초음파 에너지를 측정하는 초음파 캐비테이션 미터(20)를 포함하는 것을 예로 한다. 이에 따라, 실제 초음파 반응기에 적용될 때, 캐비테이션 작용에 사용되는 에너지의 측정이 가능하게 되어 반응기 내부로 유입되는 유입 파워 중 수처리에 사용되는 유입 파워의 측정이 가능하게 된다.

[0028] 여기서, 본 발명에서는, 도 1에 도시된 바와 같이, 초음파 진동자 모듈(30)로부터 반대측으로 이격되는 방향으로 5cm 간격으로 17개 지점을 측정 위치로 설정하여 각 측정 위치에서의 초음파 진동자 모듈(30)로부터 출력되는 초음파를 측정하도록 마련되는 것을 일 예로 한다.

[0029] 또한, 초음파 측정기(20,21)에 의해 측정되는 측정 위치는 초음파 진동자 모듈(30)로부터 이격되는 방향으로 초음파 반응조(10) 내부에 3차원적으로 설정될 수 있다. 도 3을 참조하여 설명하면, 초음파 진동자 모듈(30)을 중심(도 3의 'A', 이하 동일)으로 초음파 반응조(10)의 반대편 방향, 즉, 도 3에서의 x 축 방향으로 일정 거리 단위로 복수개의 측정 위치가 설정되고, 도 3의 x-y 평면 상에서 초음파 진동자 모듈(30)을 중심으로 y 축 방향 양측으로 일정 간격 이격된 위치에서 다시 x 축 방향으로 동일한 거리 단위로 복수개의 측정 위치가 설정될 수 있다.

[0030] 그리고, x-y 평면과 평행하고, x-y 평면과 초음파 진동자 모듈(30)을 중심으로 z 축 방향 양측으로 형성되는 다른 x-y 평면 상에 x 축 방향으로의 복수 열의 측정 위치가 설정될 수 있다. 도 3에서는 5 개의 x-y 평면 상에 각각 x 축 방향으로 5 열씩의 측정 위치가 설정되고, 각 열의 측정 위치가 17 곳이 설정되는 것을 일 예로 도시하고 있다.

[0031] 이하에서는, 도 4를 참조하여 상술한 초음파 에너지 분포 계측 장치를 이용한 초음파 에너지 분포 계측 방법을 상세히 설명한다. 여기서, 본 발명에 따른 초음파 에너지 계측 방법을 설명하는데 있어, 초음파 에너지 분포 계측 장치는 가로 1. 20m, 세로 0.60m, 높이 0.40m로 된 250 L의 초음파 반응조(10)를 이용하며, 초음파 진동자 모듈(30)로부터 출력되는 초음파의 주파수 대역은 35kHz, 72kHz, 110kHz, 170 kHz로 하고, 유입 파워는 80W, 160W, 320W로 각각 설정한 상태로 수행되는 것을 예로 한다. 그리고, 측정 위치는 도 3에 도시된 측정 위치를 예로 한다.

[0032] 먼저, 기 설정된 유입 파워가 인가된 상태에서 기 설정된 주파수 대역의 초음파가 초음파 진동자 모듈(30)로부터 출력된다(S40). 예를 들어, 유입 파워가 80W이고, 주파수가 35kHz인 조건의 초음파가 초음파 진동자 모듈(30)로부터 출력된다.

[0033] 그런 다음, 설정된 측정 위치 중 첫 번째 측정 위치에 초음파 측정기(20,21)의 프로브(21)를 배치시켜 해당 측

정 위치에서의 초음파 에너지, 즉 캐비테이션 에너지를 초음파 캐비테이션 미터(20)를 통해 측정한다(S41).

[0034] 그리고, 모든 측정 위치에서의 측정이 완료될 때까지(S42), 각각의 측정 위치들에 초음파 측정기(20,21)의 프로브(21)를 순차적으로 배치시키고, 초음파 캐비테이션 미터(20)에 의해 각 측정 위치에서의 초음파 에너지가 측정되도록 S41 단계 및 S42 단계를 반복하게 된다.

[0035] 그런 다음, 80W의 유입 파워에 대한 각 주파수 대역별로의 측정이 완료되었는지 여부를 판단하고(S43), 각 주파수 대역별로의 측정이 완료되지 않은 경우에는 설정된 주파수 중 어느 하나로 주파수를 변경하여(S44) S40 단계 내지 S44 단계를 반복 수행하게 된다.

[0036] 그리고, S43 단계에서 해당 유입 파워에 대한 각 주파수 대역별로의 측정이 완료되면, 유입 파워별로의 측정이 완료되었는지 여부를 판단하고(S45), 유입 파워별로의 측정이 완료되지 않은 경우에는 설정된 유입 파워 중 어느 하나로 유입 파워를 변경하여(S46), S40단계 내지 S46 단계를 반복 수행함으로써, 상술한 바와 같이 설정된 유입 파워 및 주파수 대역별로의 측정이 완료된다.

[0037] [표 1]은 유입 파워가 160W인 상태에서, 각 주파수 대역별로 각 측정 위치에서 측정된 초음파 에너지의 평균값을 기록한 것이다.

[0038] [표 1]

주파수	35 kHz	72 kHz	110 kHz	170 kHz
평균 캐비테이션 에너지(W)	53.50	83.87	6.41	0.10

[0040] 상기와 같은 계측 과정에서, 110 kHz나 170 kHz의 높은 주파수 적용 시에는 매우 낮은 초음파 에너지가 발생되는 것을 확인할 수 있다. 두 주파수 대역 모두 초음파 진동자 모듈(30) 바로 앞에서만 큰 초음파 에너지가 측정되었으며, 초음파 진동자 모듈(30)로부터 이격될수록 초음파 에너지가 거의 측정되지 않음을 확인할 수 있었다.

[0041] 그리고, 상대적으로 낮은 주파수인 35 kHz나 72 kHz의 경우 대형화된 초음파 반응기에서도 충분히 에너지가 전달되는 것을 확인하였고 특히 72 kHz의 경우 35 kHz보다 전달되는 에너지가 높은 것을 확인할 수 있다.

[0042] 따라서, 본 발명에 따른 초음파 에너지 분포 계측 방법을 통해, 대형의 초음파 반응조(10), 예를 들어 상술한 250 L 크기의 초음파 반응조(10)에서는 유입 파워가 160W 일 때 72 kHz의 주파수를 갖는 초음파가 출력될 때 초음파 반응조(10) 내부로 유입되는 초음파 에너지, 즉 캐비테이션 에너지가 평균적으로 큰 값을 갖도록 초음파 반응조(10) 내부로 폭넓게 전달됨을 알 수 있게 된다.

[0043] 상기와 같은 구성을 통해, 본 발명을 통해 도출된 초음파 주파수와 유입 파워에 따른 초음파 반응기 내부에서의 초음파 에너지 분포를 활용하여, 다양한 환경 분야, 예컨대, 수처리, 슬러지 감량화, 토양 세척 등에 적용되는 초음파 반응기의 설계에 적극적으로 활용 가능하게 된다.

[0044] 또한, 기존의 초음파 연구의 경우 실질적으로 초음파 반응조(10)에 유입되는 초음파 에너지를 고려하지 않고 초음파 진동자 모듈(30)에 공급되는 파워만을 고려한 상태에서 오염물질의 분해 속도 등을 평가하였으나, 본 발명을 통해 실제 유입되는 에너지와 오염물의 분해 속도를 연관시켜 일반화하는 것이 가능하게 된다.

[0045] 이상에서 본 발명의 바람직한 실시예에 대하여 상세하게 설명하였지만 본 발명의 권리범위는 이에 한정되는 것은 아니고 다음의 청구범위에서 정의하고 있는 본 발명의 기본 개념을 이용한 당업자의 여러 변형 및 개량 형태 또한 본 발명의 권리범위에 속하는 것이다.

도면의 간단한 설명

[0046] 도 1은 본 발명에 따른 초음파 에너지 분포 계측 장치의 구성을 도시한 도면이고,

[0047] 도 2는 본 발명에 따른 초음파 에너지 분포 계측 장치의 초음파 반응조의 구성을 도시한 도면이고,

[0048] 도 3은 본 발명에 따른 초음파 에너지 분포 계측 장치에서의 측정 위치를 설명하기 위한 도면이고,

[0049] 도 4는 본 발명에 따른 초음파 에너지 분포 계측 방법을 설명하기 위한 도면이다.

[0050]

[0051] <도면의 주요 번호에 대한 설명>

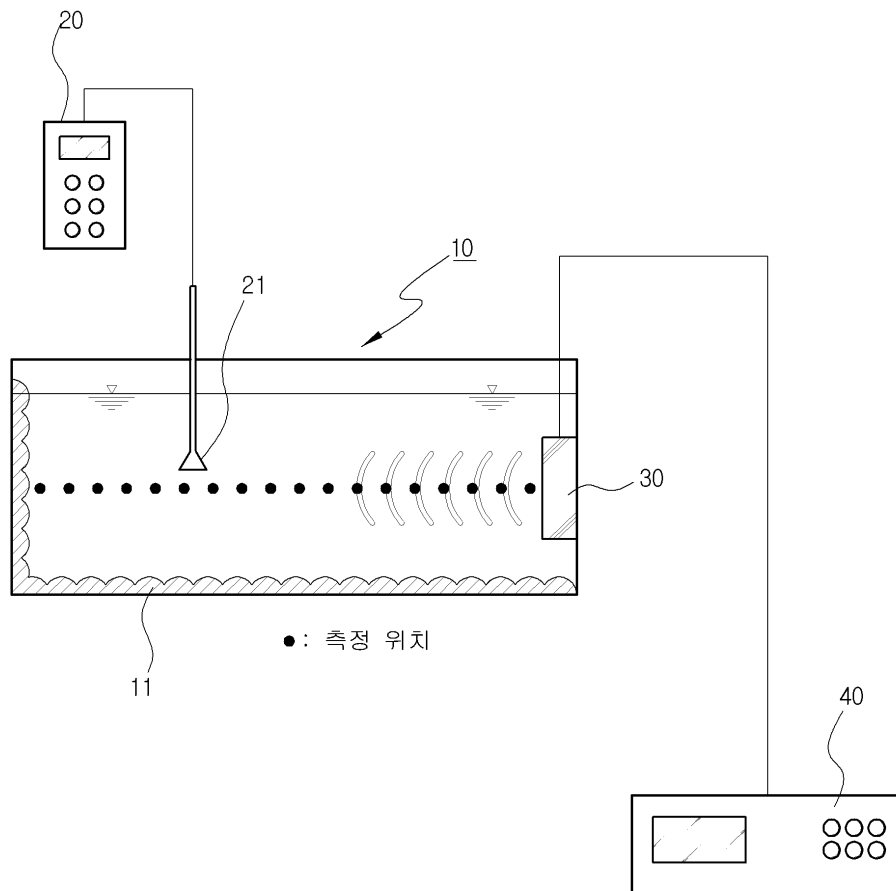
[0052] 10 : 초음파 반응조 11 : 흡음부재

[0053] 20 : 초음파 캐비테이션 미터 21 : 프로브

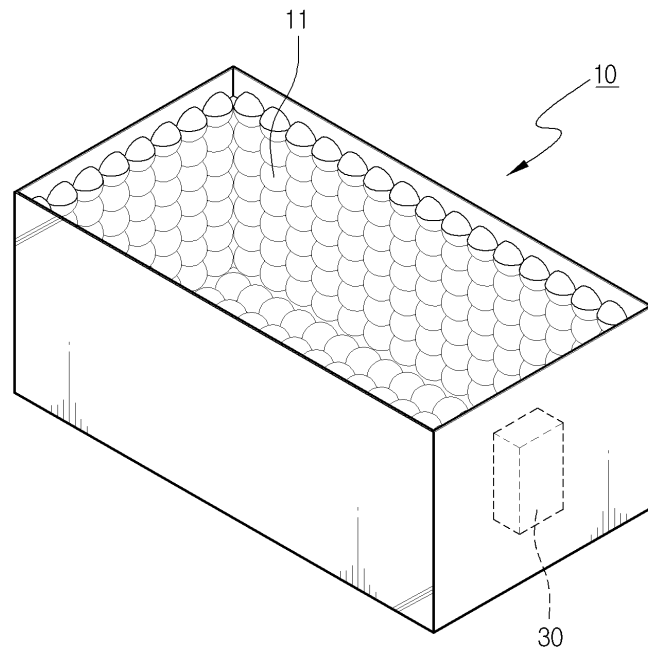
[0054] 30 : 초음파 진동자 모듈 40 : 초음파 제어기

도면

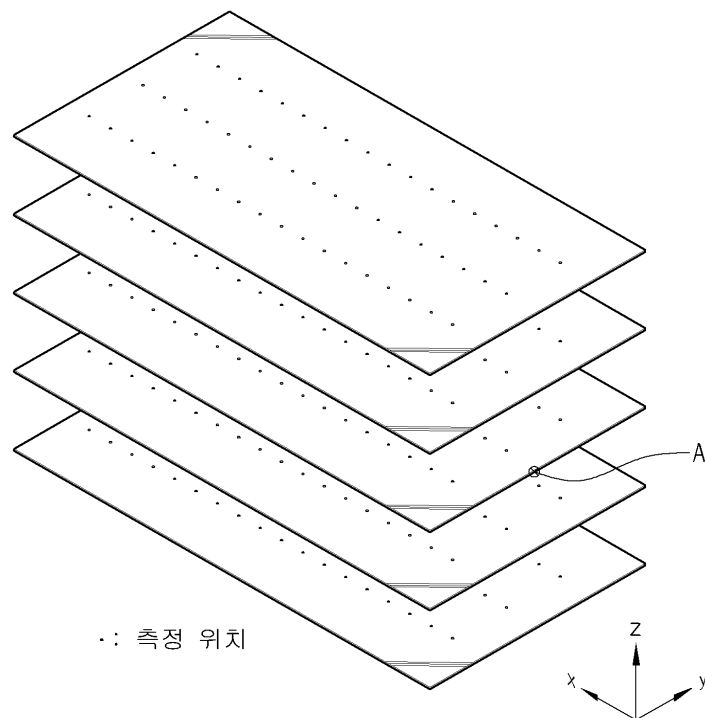
도면1



도면2



도면3



도면4

